

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 01 554.6  
**Anmeldetag:** 17. Januar 2002  
**Anmelder/Inhaber:** Philips Corporate Intellectual Property GmbH,  
Hamburg/DE  
**Bezeichnung:** Integrierter Schaltkreis mit Selbsttest-Schaltung  
**IPC:** G 01 R 31/3187

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 05. September 2002  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Sieck

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

**BEST AVAILABLE COPY**



## BESCHREIBUNG

### Integrierter Schaltkreis mit Selbsttest-Schaltung

Die Erfindung betrifft einen integrierten Schaltkreis mit einer zu testenden Applikationsschaltung und einer Selbsttest-Schaltung, welche zum Testen der Applikationsschaltung  
5 vorgesehen ist.

Beim Herstellen von integrierten Schaltungen besteht ganz allgemein der Wunsch, diese auf ihre Funktion hin zu überprüfen. Derartige Tests können durch externe Testanordnungen vorgenommen werden. Bedingt durch die sehr hohe Integrationsdichte  
10 derartiger Schaltungen, die sehr hohen Taktraten, mit denen diese Schaltungen arbeiten, und der sehr großen erforderlichen Anzahl von Testvektoren, treten bei dem externen Test viele Probleme und Kosten auf. Die hohen internen Taktraten der integrierten Schaltungen stehen in einem ungünstigen Verhältnis zu den vergleichsweise sehr  
15 langsamen Input/Output-Bondpadstufen, die nach außen führen. Daher ist es wünschenswert, eine Art Selbsttest des integrierten Schaltkreises durchführen zu können. Dabei ist innerhalb des integrierten Schaltkreises eine Selbsttest-Schaltung vorgesehen, welche dazu dient, die in dem integrierten Schaltkreis ebenfalls vorgesehene Applikationsschaltung zu testen. Die Applikationsschaltung stellt diejenige Schaltung dar, die für den eigentlichen  
Einsatzzweck des integrierten Schaltkreises vorgesehen ist.

20 Als weiteres Problem treten beim Testen derartiger Schaltungen Probleme mit solchen Bauteilen innerhalb der Schaltung auf, die beim Testen ein sogenanntes "X" produzieren, d. h. ein Signal, welches nicht eindeutig auswertbar ist. Solche Signale produzieren insbesondere solche Bauteile, die ein analoges oder ein Speicherverhalten aufweisen:

25 Z. B. RAMs, die innerhalb der Applikationsschaltung vorgesehen sind, können beliebige Ausgangssignale produzieren. Damit sind Signale, die ein derartiges RAM produziert und die durch die Schaltung propagiert werden am Ausgang der Schaltung beim Testen nicht mehr eindeutig auswertbar.

30 Zur Umgehung dieser Problematik ist es nach dem Stande der Technik bekannt, innerhalb

der Schaltung spezielle Bauelemente vorzusehen, die beim Testen ein Umgehen derartiger Bauelemente oder ein Maskieren der Ausgänge dieser Bauelemente gestatten. Hierbei besteht der Nachteil, dass zusätzliche Bauelemente innerhalb der Schaltung vorgesehen werden müssen, was einerseits einen erhöhten Aufwand und andererseits eine spezielle  
5 Auslegung der Schaltung mit ggf. auftretenden Nachteilen zur Folge hat.

Aus der Veröffentlichung „Using BIST control for pattern generation“ von Gundolf Kiefer und Hans-Joachim Wunderlich (veröffentlicht in Proceedings International Testconference 1997) ist ein integrierter Schaltkreis mit einer zu testenden Applikationsschaltung und einer Selbsttest-Schaltung bekannt, welche deterministische Testmuster liefert. Dies wird dadurch erreicht, dass zusätzlich zu einem Testmustergenerator, bei dem es sich um ein rückgekoppeltes Schieberegister handelt und der Pseudo-Zufallsmuster liefert, eine Logik vorgesehen ist, die das Ausgangssignal dieses Testmustergenerators so verändert, dass bestimmte deterministische Testmuster entstehen. Damit kann erreicht werden, dass die  
15 Schaltung mit vorgebbaren Testmustern geprüft werden kann und nicht nur mit solchen, die quasi zufällig durch den Testmustergenerator vorgegeben werden.

Es ist Aufgabe der Erfindung, den eingangs genannten integrierten Schaltkreis dahingehend weiterzuentwickeln, dass eine Prüfung der Applikationsschaltung mit deterministischen Testmustern möglich ist, und dass gleichzeitig innerhalb der Schaltung auftretende X-Signale beim Testen das Prüfergebnis nicht stören, wobei innerhalb der Applikationsschaltung keine zusätzlichen Bauelemente vorgesehen sein sollen.  
20

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst:  
25

Integrierter Schaltkreis mit einer zu testenden Applikationsschaltung und einer Selbsttest-Schaltung, welche zum Testen der Applikationsschaltung vorgesehen ist und welche Pseudo-Zufallstestmuster erzeugt, die mittels erster Logik-Gatter und diesen von extern zugeführter Signale in deterministische Testvektoren umformbar sind, die der  
30 Applikationsschaltung für Testzwecke zugeführt werden, wobei die durch die Applikationsschaltung in Abhängigkeit der Testmuster auftretenden Ausgangssignale mittels eines Signaturregisters ausgewertet werden, wobei mittels zweiten Logik-Gattern

und diesen von extern zugeführten Signalen beim Testen diejenigen Bits der Ausgangssignale der Applikationsschaltung gesperrt werden, die aufgrund des Schaltungsaufbaus der Applikationsschaltung undefinierte Zustände aufweisen.

- 5 Die von der Selbsttest-Schaltung generierten Pseudo-Zufallstestmuster sind zunächst noch nicht als Testvektoren geeignet. Vielmehr werden diese mittels erster Logik-Gatter in die gewünschteterministischen Testvektoren umgewandelt. Dies ist möglich mittels den ersten Gattern von extern zugeführten Signalen, welche so ausgelegt sind, daß sich durch die Kombination der Pseudo-Zufallstestmuster und der von extern zugeführten Signale  
10 mittels der ersten Logik-Gatter die gewünschten deterministischen Testvektoren ergeben.

- Diese Testmuster werden der Applikationsschaltung zugeführt, die die Testvektoren bedingt durch den Aufbau der Applikationsschaltung verändert. Die dadurch beim Testen entstehenden Ausgangssignale der Applikationsschaltung werden über zweite logik-Gatter  
15 auf das Signaturregister gekoppelt. Das Signaturregister verknüpft diese Ausgangssignale, die aus mehrere Testzyklen kommen zu einem Gesamtendergebnis, welches eine Art Signatur darstellt und welches angibt, ob die Schaltung störungsfrei arbeitet.

- Bei dieser Vorgehensweise entstehen jedoch dann Probleme, wenn in der Applikations-  
20 schaltung fast immer vorgesehene Bauelemente, die ein analoges oder ein Speicherverhalten aufweisen, die Ausgangssignale der Applikationsschaltung beim Testen beeinflussen. Es entstehen dann sogenannte X-Signale, die ein "Don't care-Ergebnis" liefern. Mit anderen Worten, sind mit einem derartigen X-markierte Signale zufällig und daher nicht auswertbar. Damit entstehen für derartige Signale in dem Signaturregister  
25 ebenfalls nicht auswertbare Werte. Dies ist zu vermeiden.

- Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass mittels der zweiten Logik-Gatter und diesen von extern zugeführten Signalen alle diejenigen Bits in den Ausgangssignalen der Applikationsschaltung, die potentiell derartige X-Signale beinhalten, gesperrt werden. Es  
30 werden also alle diejenigen Bits nicht an das Signaturregister weitergegeben, die durch ein speicherndes bzw. analoges Verhalten von Bauelementen innerhalb der Applikationsschaltung beeinflusst sind. Nur die übrigen von derartigen Bauelementen

nicht beeinflussten Bits werden mittels der zweiten Logik-Gatter an das Signaturregister durchgeschaltet.

Damit ist sichergestellt, dass diejenigen Bits, die das Signaturregister beim Testen erreichen, durchweg auswertbar sind. Dies wiederum bedeutet, dass das Signaturergebnis, das in dem Signaturregister nach dem Durchlauf mehrerer Testzyklen steht, vollständig auswertbar ist, und ein sicheres Testergebnis liefert.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen integrierten Schaltkreises mit Selbsttest-Schaltung besteht darin, dass die Applikationsschaltung für die Testvorgänge nicht modifiziert werden muss, d. h. sie kann so aufgebaut werden, wie es für die Anwendung der Applikationsschaltung optimal ist. Die Selbsttest-Schaltung beeinflusst die normale Arbeitsweise der Applikationsschaltung in ihrer Anwendung in keiner Weise.

Weiterhin gestattet es die erfindungsgemäße Selbsttest-Schaltung, einen Test der Applikationsschaltung auf dem Chip vorzunehmen, so dass relativ langsame Ausgangs-Bondpadverbindungen das Testen nicht stören und der Betrieb der Applikationsschaltung mit maximalen Taktraten der Eingangs-Bondpaads vorgenommen werden kann.

Die auf dem integrierten Schaltkreis vorgesehene Selbsttest-Schaltung ist sehr einfach aufgebaut und benötigt selbst wenig Fläche. Die deterministischen Testvektoren können auch noch nach Fertigstellung des ICs noch verändert werden.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 2 dient ein in der Selbsttest-schaltung vorgesehenes lineares rückgekoppeltes Schieberegister der Erzeugung der Pseudo-Zufalls-Testmuster, die somit bekannt sind und mittels der ersten Logik-Gatter in die gewünschten deterministischen Testvektoren umwandelbar sind.

Nachfolgend wird anhand der einzigen Figur der Zeichnung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

Die Figur zeigt in einem schematischen Blockschaltbild einen integrierten Schaltkreis 14,

welcher eine Applikationsschaltung 1 aufweist. Bei dieser Applikationsschaltung 1 handelt es sich um diejenige Schaltung, welche für den Einsatz des integrierten Schaltkreises 14 konzipiert ist.

- 5 Es besteht der Wunsch, die Applikationsschaltung 1 nach der Fertigung des integrierten Schaltkreises 14 auf einwandfreie Funktion hin zu testen. Dazu ist auf dem integrierten Schaltkreis 14 eine Selbsttest-Schaltung vorgesehen, welche aus den Schaltungselementen 5 bis 13 gemäß der Figur besteht.

10 In dem erfindungsgemäßen integrierten Schaltkreis 14 ist diese Selbsttest-Schaltung so ausgelegt, dass sie vollständig außerhalb der Applikationsschaltung 1 aufgebaut ist, und damit deren Verhalten in dem normalen Betrieb nicht beeinflusst.

- 15 In dem Ausführungsbeispiel gemäß der Figur wird davon ausgegangen, dass die Applikationsschaltung 1 drei Schaltungsketten 2, 3 und 4 aufweist, bei denen es sich um Schieberegister handelt. Es können auch weitere Schieberegister vorgesehen sein. Ferner können weitere Schaltungselemente vorgesehen sein.

- 20 Innerhalb der Selbsttest-Schaltung ist ein lineares rückgekoppeltes Schieberegister 5 vorgesehen, welches eine Pseudo-Zufallsfolge von Testmustern liefert. Da das Schieberegister 5 rückgekoppelt ist und nur endliche Länge hat, ist diese Testmusterfolge nicht wirklich zufällig, sie weist ein nach bestimmten Abständen sich wiederholendes Muster auf. Jedoch hat diese Testmusterfolge den Nachteil, dass sie nicht vollständig alle Testmuster gezielt enthält, die für das Testen der Applikationsschaltung 1 optimal sind.

25

- Daher sind erste Logik-gatter 6, 7 und 8 vorgesehen, welche die Ausgangssignale des linearen rückgekoppelten Schieberegisters 5 so verändern, dass an den Ausgängen der ersten Logik-Gatter 6, 7 und 8 und damit an den Eingängen der Applikationsschaltung 1 bzw. deren Schaltungsketten 2, 3 bzw. 4 Testmuster entstehen, die eine vorgebbare und deterministische Struktur haben. Dies wird dadurch erreicht, dass den ersten Logik-Gattern 6, 7 und 8 von einer außerhalb des integrierten Schaltkreises vorgesehenen Testanordnung 15 Signale zugeführt werden mittels derer die ersten Logik-Gatter 6, 7 und
- 30

8 einzelne Bits der von dem linearen rückgekoppelten Schieberegister 5 gelieferten Testmuster so modifizieren, dass gewünschte, deterministische Testmuster entstehen. Die extern vorgesehene Testanordnung wird nur beim Testen des integrierten Schaltkreises benötigt; im normalen Betrieb des integrierten Schaltkreises ist diese nicht vorhanden.

5

Die Testvektoren werden in dem Ausführungsbeispiel gemäß der Figur den Schaltungsketten 2, 3 und 4 innerhalb der Applikationsschaltung 1 zugeführt.

Aufgrund dieser Testmuster liefern die Schaltungsketten 2, 3 und 4 innerhalb der Applikationsschaltung 1 Ausgangssignale, welche über zweite Logik-Gatter 10, 11 und 12 auf ein Signaturregister 13 gelangen.

Das Signaturregister 13 ist so ausgelegt, dass es über mehrere Testzyklen, die jeweils ein Testmuster enthalten, hinweg eine Verknüpfung der Testergebnisse vornimmt und nach dem Testdurchlauf eine sogenannte Signatur liefert, welche bei störungsfreier Arbeitsweise der Applikationsschaltung 1 einen bestimmten vorgegebenen Wert aufweisen muss.

Hierbei besteht jedoch das Problem, dass in der Applikationsschaltung 1 bzw. innerhalb deren Schaltungsketten 2, 3 und/oder 4 Schaltungselemente vorgesehen sein können (und meist auch tatsächlich sind), welche ein analoges oder ein Speicherverhalten aufweisen.

Derartige Schaltungselemente liefern kein eindeutiges Ausgangssignal, d. h. sie liefern in Abhängigkeit des ihnen zugeführten Eingangssignals kein deterministisches Ausgangssignal. Vielmehr ist ihr Ausgangssignal zufällig. Es ist klar, dass derartige Signale das Testergebnis nicht nur stören, sondern bestimmte Bits innerhalb des Testergebnisses unbrauchbar machen.

25

Um dennoch mittels eines möglichst einfachen Aufbaus einen Test der Applikationsschaltung 1 auch mit derartigen Bauelementen vornehmen zu können, sind in der erfindungsgemäßen Schaltung zweite Logik-Gatter 10, 11 und 12 vorgesehen, welche in Abhängigkeit von der externen Testanordnung 15 erzeugter Signale in der Lage sind, einzelne Bits der von den Schaltungsketten 2, 3 und 4 beim Testen gelieferter Signale zu sperren, dass nur diejenigen Bits beim Testen an das Signaturregister 13 gelangen, die

30

nicht von Bauelementen mit speicherndem oder analogem Verhalten beeinflusst sind.

Im Ergebnis gelangen damit nur solche Bits an das Signaturregister 13, die eindeutig auswertbar sind und ein eindeutiges Ergebnis liefern. Somit kann auch dann, wenn die

5 Applikationsschaltung 1 Bauelemente mit speicherndem oder analogem Verhalten aufweist, am Ende des Testens in dem Signaturregister 13 eine eindeutige Signatur generiert werden, welche fehlerfrei ein Testergebnis angibt.

Bei der externen Testanordnung 15 kann es sich um eine konventionelle Testanordnung handeln, die hier jedoch nicht selbst die Testvektoren liefert und die auch keine Auswertung vornimmt, sondern die solche Signale liefert, daß innerhalb der auf dem integrierten Schaltkreis vorgesehenen Selbsttestschaltung die gewünschten Testvektoren aus der Pseudozufalls-Zahlenfolge generiert werden und daß aus den Ausgangssignalen der zu testenden Schaltung 1 diejenigen Bits ausgeblendet werden, die nicht auswertbar

15 sind.

Insgesamt wird durch die erfindungsgemäße Selbsttest-Schaltung ein Testen der Applikationsschaltung 1 auf dem Chip möglich, ohne dass hierbei irgendwelche Einschränkungen bestehen. Es ist keine Modifikation der Applikationsschaltung 1 erforderlich, so dass diese für ihren eigentlichen Betrieb optimal ausgelegt werden kann. Alle

20 Testvorgänge sind auch für solche Applikationsschaltungen uneingeschränkt möglich, die Bauelemente mit speicherndem oder analogem Verhalten aufweisen. Die gewünschten, deterministischen Testvektoren können auch nach Fertigung des integrierten Schaltkreises noch verändert werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Integrierter Schaltkreis (14) mit einer zu testenden Applikationsschaltung (1) und einer Selbsttest-Schaltung (5-13), welche zum Testen der Applikationsschaltung (1) vorgesehen ist und welche Pseudo-Zufallstestmuster erzeugt, die mittels erster Logik-Gatter (6,7,8) und diesen von extern zugeführter Signale in deterministische Testvektoren umformbar sind, die der Applikationsschaltung (1) für Testzwecke zugeführt werden, wobei die durch die Applikationsschaltung (1) in Abhängigkeit der Testmuster auftretenden Ausgangssignale mittels eines Signaturregisters (13) ausgewertet werden, wobei mittels zweiten Logik-Gattern (10,11,12) und diesen von extern zugeführten Signalen beim Testen diejenigen Bits der Ausgangssignale der Applikationsschaltung (1) gesperrt werden, die aufgrund des Schaltungsaufbaus der Applikationsschaltung (1) undefinierte Zustände aufweisen.

2. Integrierter Schaltkreis nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass in der Selbsttest-Schaltung (5-13) ein lineares, rückgekoppeltes Schieberegister (5) vorgesehen ist, welches Pseudo-Zufallstestmuster generiert, welche mittels der ersten Logik-gatter (6,7,8) in vorgebbare, deterministische Testmuster umgewandelt werden.

3. Integrierter Schaltkreis nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die zweiten logik-gatter (10,11,12) diejenigen Bits der Ausgangssignale der Applikationsschaltung (1) sperren, die von solchen Schaltungselementen der Applikationsschaltung (1) beeinflusst sind, welche ein analoges Verhalten und/oder ein Speicherverhalten aufweisen.

4. Integrierter Schaltkreis nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die von extern den ersten (6,7,8) und zweiten (10,11,12) Logik-Gattern zugeführten Signale von einer außerhalb des Integrierten Schaltkreises vorgesehenen Testanordnung

5 (15) stammen.

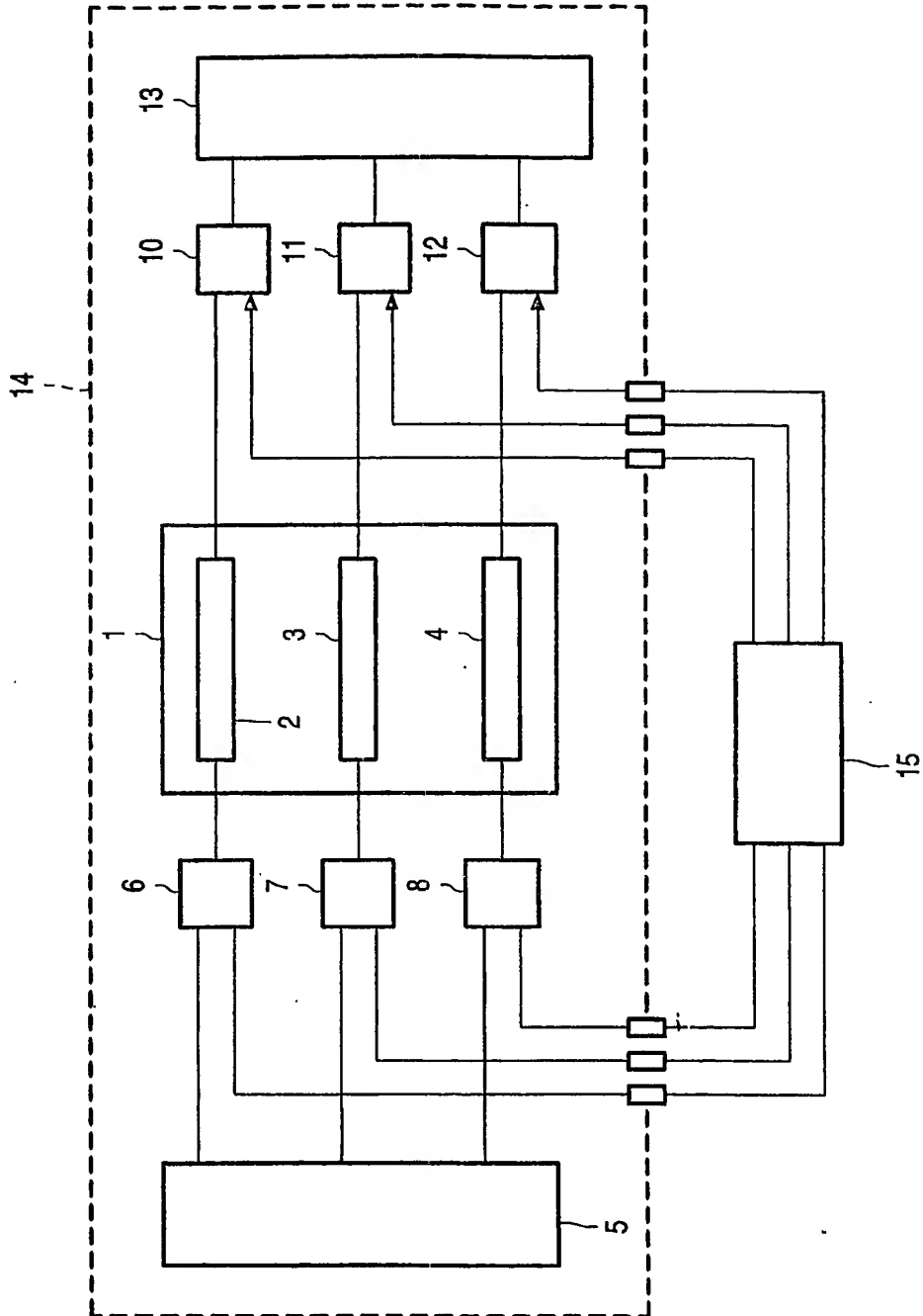
## ZUSAMMENFASSUNG

### Integrierter Schaltkreis mit Selbsttest-Schaltung

Integrierter Schaltkreis (14) mit einer zu testenden Applikationsschaltung (1) und einer Selbsttest-Schaltung (5-13), welche zum Testen der Applikationsschaltung (1) vorgesehen ist und welche Pseudo-Zufallstestmuster erzeugt, die mittels erster Logik-Gatter (6,7,8) und diesen von extern zugeführter Signale in deterministische Testvektoren umformbar sind, die der Applikationsschaltung (1) für Testzwecke zugeführt werden, wobei die durch die Applikationsschaltung (1) in Abhängigkeit der Testmuster auftretenden Ausgangssignale mittels eines Signaturregisters (13) ausgewertet werden, wobei mittels zweiten Logik-Gattern (10,11,12) und diesen von extern zugeführten Signalen beim Testen diejenigen Bits der Ausgangssignale der Applikationsschaltung (1) gesperrt werden, die aufgrund des Schaltungsaufbaus der Applikationsschaltung (1) undefinierte Zustände aufweisen.

15 Figur

1/1



1/1

